12 月 December
2020, 63(12): 1497 – 1507

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

http://www.insect.org.cn
doi: 10.16380/j.kcxb.2020.12.008

湖北三峡库区兴山县昆虫多样性调查与评估

郑晓旭[1], 肖能文[2,*], 赵慕华[1], 文 栋[1], 何帅洁[1],
李雪梅[1], 杨凤连[1], 吴 刚[1,*]

(1. 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070; 2. 中国环境科学研究院生态研究所, 北京 100012)

摘要:【目的】湖北三峡库区兴山县特有的地理环境与气候条件造就了当地丰富的昆虫资源,本研究对湖北三峡库区特有区域兴山县的昆虫多样性开展调查,评估兴山县昆虫多样性的威胁因子,并提出兴山县昆虫多样性保护建议。【方法】通过 GPS 定位系统对调查区域进行网格和区域划分,将整个兴山县分为 28 个有效网格(长和宽各 10 km),在 2017 年的昆虫发生期(6 月中旬)、暴发期(8 月中旬)和越冬期(10 月中旬),采用样线踏查法对兴山县不同生境和不同海拔网格昆虫多样性进行调查和评估。【结果】2017 年从湖北省兴山县共采集并鉴定出 16 个目 136 科 612 种昆虫,优势目分别是鳞翅目(Lepidoptera)(47.39%)、鞘翅目(Coleoptera)(22.88%)和半翅目(Hemiptera)(11.44%)。兴山县低海拔网格昆虫多样性指数和丰富度较低,而高海拔网格昆虫多样性指数和丰富度较高。黄柏坪(龙门河林场)的昆虫 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Margalef 丰富度指数(ds)最高。【结论】兴山县昆虫优势类群为鳞翅目、鞘翅目和半翅目,网格生境中林地及林地-灌木丛混合地更适合昆虫的栖息,植被丰富的高海拔生境(主要为林地、灌木丛)昆虫多样性指数显著高于生境组成单一的低海拔生境(主要为草地、草丛、菜园和果园)。兴山县昆虫多样性威胁因子主要包括栖息地的破坏、气候变化和滥用杀虫剂。基于兴山县昆虫多样性调查研究,建议将龙门河林场列为重点保护和研究对象。

关键词: 昆虫; 物种多样性; 物种丰富度; 威胁因子; 自然保护; 三峡库区

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2020)12-1497-11

Investigation and evaluation of insect diversity in Xingshan County, Three Gorges Reservoir Area, Hubei Province, central China

ZHENG Xiao-Xu[1], XIAO Neng-Wen[2,*], ZHAO Mu-Hua[1], WEN Dong[1], HE Shuai-Jie[1], LI Xue-Mei[1], YANG Feng-Lian[1], WU Gang[1,*] (1. College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Institute of Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract:【Aim】The unique geographical environment and climatic conditions of Xingshan County in the Three Gorges Reservoir Area of Hubei Province, central China have created abundant insect resources. This study aims to investigate and evaluate the insect diversity in Xingshan County, Hubei Province, to explore the threat factors to insects and to put forward the suggestions for protecting the insect diversity in Xingshan County.【Methods】The Xingshan County was divided into 28 grids using GPS positioning system, and each was 10 km both in length and width. The diversity of insects in Xingshan County during the occurrence period (mid-June), outbreak period (mid-August) and overwintering period (mid-October) of insects were investigated and evaluated in 2017 using the line

基金项目: 中国生态环境部生物多样性调查评估项目(2019HJ2096001006)
作者简介: 郑晓旭, 男, 1995 年 5 月生, 河北沧州人, 硕士研究生, 研究方向为昆虫生态学, E-mail: 1521787335@qq.com
* 通讯作者 Corresponding authors, E-mail: xiaonw@163.com; wugang@mail.hzau.edu.cn
收稿日期 Received: 2020-05-04; 接受日期 Accepted: 2020-08-14

transect survey method. 【Results】 A total of 612 insect species of 136 families in 16 orders were collected and identified from Xingshan County, Hubei Province in 2017. The dominant orders are Lepidoptera (47.39%), Coleoptera (22.88%) and Hemiptera (11.44%). The low-altitude grids in Xingshan County had low insect diversity index and richness, while the high-altitude grids in Xingshan County had high insect diversity index and richness. The highest Shannon-Wiener diversity index (H') and Margalef richness index (ds) of insects were found in Huangbo Plain (Longmenhe Forest Farm). 【Conclusion】 The dominant groups of insects in Xingshan County, Hubei Province are Lepidoptera, Coleoptera and Hemiptera. Habitats in the grids of such as woodland and woodland-shrubland mixture are more suitable for insects. The insect diversity index in the high-altitude habitats with rich vegetation (mainly woodlands and bushes) is significantly higher than that in the low-altitude habitats with a single habitat composition (mainly grasslands, underbushes, vegetable gardens and orchards). The threat factors to insect diversity in Xingshan County mainly include habitat destruction, climate change and pesticide abuse. We recommend that Longmenhe Forest Farm be listed as a key protection and research object based on the investigation of insect diversity in Xingshan County.

Key words: Insect; species diversity; species richness; threat factor; nature conservation; Three Gorges Reservoir Area

生物多样性是地球生物圈与人类自身延续的基础,具有不可估量的使用价值和潜在价值。昆虫在地球生物圈中有十分重要的意义,对全球生态系统的运转起到基础功能性作用,也具有很多服务功能,如作为资源供人类使用、生物防治、传粉和医药等(顾克潇等, 2018; 柳傲等, 2018)。同时,昆虫对于生境变化具有较高灵敏性,可作为监测生境和生物多样性变化的指示性物种(何云川等, 2018),在生态恢复和环境监测方面,昆虫作为生态系统的重要组成部分,其生物多样性指标正在得到更多的关注和应用,对评价自然保护区生态系统保护具有重要意义(Chen *et al.*, 2011)。近年来,国内外学者对森林昆虫多样性及其与生态环境变化关系的研究愈来愈重视,并取得较大的研究进展(马玲等, 2016)。顾建强等(2012)研究发现,乌溪江国家湿地公园内不同生境昆虫优势度指数和多样性指数最大的是鳞翅目,均匀度最大的是鞘翅目。严巍等(2019)发现鳞翅目、鞘翅目昆虫分别为主优势、次优势类群,优势度最高的是淡剑贪夜蛾 *Spodoptera depravata* 和早熟禾拟茎草螟 *Parapediasia teterrella*。顾伟等(2019)发现凉水自然保护区原始阔叶红松林夜蛾科和尺蛾科为优势类群,蛾类物种多样性指数和丰富度均在夏季达最大值,其多样性指数与丰富度指数时间变化趋势为显著的正相关。顾建强等(2015)通过样线踏查法,调查了浙江省建德市薄壳山核桃林地昆虫多样性,共鉴定至 11 目 160 种,其中,同翅目、半翅目、鞘翅目、鳞翅目为优势目。李进军和汪有奎(2005)通过踏查法和灯诱法,查明祁连山保护区内分布的植食性昆虫 12 目 125 科 1 190 种,祁连山保护区森林昆虫的水平地理分布概况表现为东南部种类较多,西北部种类较少,经济活动对昆虫的分布格局产生了明显的影响。和秋菊等(2007)等通过踏查法,对昆明市区园林植物昆虫进行了调查采集,共鉴定隶属于 15 个目 89 个科,其中蚜虫、大牛等对园林植物造成严重危害。

兴山县属亚热带大陆性季风气候,何晓旭等(2013)研究了湖北省兴山县近 50 年(1960 – 2009 年)的气温、降水和日照等气象资料。郭中伟等(1998)根据植被类型、坡度和土壤类型,分析了兴山县集水区内不同植被地块调节水量的能力。郭中伟和甘雅玲(2002)着重研究了兴山县基于功能与空间格局的生态系统保育策略,即以改善生态系统功能为评价指标,以调整生态因子的空间格局为手段的生态系统保育策略。兴山县特有的气候要素是昆虫多样性的基本环境条件,周相朝等(2005)在兴山县不同的生境采集蚊类标本,经鉴定隶属 3 亚科(按蚊亚科、巨蚊亚科、库蚊亚科)6 属 40 种。王成全等(2005)在三峡库区兴山县境内采集蝇类标本,经整理鉴定,隶属 8 科 52 属 124 种。李大森等(1998)明确了稻杆蝇在兴山县得发生动态及规律。王松杰(2002)对神农架、兴山、秭归和万县进行弹尾目昆虫的区系分布和生物多样性研究,共采集标本 3555 号,其中兴山县有 6 个科 15 个属 36 个种 491 号标本。刘晔和沈泽昊(2011)认为三峡库区分

布的昆虫和害虫丰富度具有典型的单峰分布格局，在科、属、种水平上随海拔上升先增而递减，这种格局是人类活动与气候梯度综合作用的结果。肖红艳和岳俊生(2016)对三峡库区重要支流澎溪河地表昆虫多样性进行了研究，结果表明地表昆虫隶属节肢动物门昆虫纲8目33科，其中半翅目蝽科为优势类群。

上述研究表明，兴山县气候条件优越，特有的地理环境与气候条件造就了当地丰富的动植物资源。另外，兴山县境内龙门河地区地处湖北省的西部，神农架的南坡，处于中亚热带向北亚热带过渡的地带，海拔跨度大，植被丰富，森林保护措施较好，其地理环境是昆虫群落结构和多样性最为理想的区域。但目前有关兴山县昆虫多样性的研究较少，开展的调查主要集中在少数目和科的调查，如蚊类、蝇类、蝽科(王成全等，2005；周相朝等，2005；肖红艳和岳俊生，2016)，对兴山县全境昆虫多样性普查的工作较少，其研究还有待进一步深入开展。目前，国内外对昆虫群落结构和昆虫多样性的分析普遍采用Shannon-Wiener多样性指数(H')(Shannon and Weaver，1949)、Margalef丰富度指数(ds)(Margalef，1957)和Pielon均匀度指数(E)(Pielou，1966)进行统计分析，本研究采用样线踏查法，在昆虫发生期、暴发期和越冬期，对湖北省兴山县不同生境和不同海拔昆虫种群种类和数量展开调查研究，并在此基础上进行昆虫多样性指数(Shannon-Wiener多样性指数、Margalef丰富度指数和Pielon均匀度指数)分析，评估兴山县昆虫威胁因子，进而提出兴山县昆虫多样性保护建议，其研究可为环保部门提供兴山县昆虫多样性保护及管理提供数据支撑。

1　材料与方法

1.1　样地生境及网格设置

兴山县的地形地貌主要包括常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿针叶林、针阔混叶林、常绿阔叶灌木林、落叶阔叶灌木林、灌木园林、草丛、草本沼泽、旱地、居住地等。兴山县西边主要为常绿针叶林和针阔混叶林，东面主要为灌木园林和常绿阔叶灌木林，北面为落叶阔叶灌木林和常绿针叶林，南面为乔木园林和旱地，中间为居住地和水田。按照要求，通过GPS定位系统对调查区域进行网格划分和区域划分28个有效网格，长和宽均为10 km，网格编号设置主要采用环境保护部公告《县域昆虫多样性调查与评估技术规定》(https://www.docin.com/p-2070272607.html)，调查范围主要包括兴山县不同生境内昆虫种类与数量，综合兴山县不同区域、海拔、植被、生境等因素(表1)，主要采用样线踏查法对28个网格进行调查。样线要求覆盖兴山县所有生境，每个网格样线长度不少于1 000 m。网格编号统一采用环境保护部公告《县域昆虫多样性调查与评估技术规定》。

1.2　调查时间、方法与频次

1.2.1　调查时间：针对昆虫生物学特性和种群动态，本研究分别于2017年对兴山县昆虫开展了3次野外调查，分别为6月中旬(昆虫发生期)、8月中旬(昆虫暴发期)和10月中旬(昆虫越冬期)。3次大规模的调查，共计记录有效调查样线143条，覆盖了兴山县所有生境和调查网格。

1.2.2　调查方法：本研究调查方法采取样线踏查法。根据昆虫多样性调查方法，原则上样线为均匀分布并基本覆盖全部生境，样线间保持足够的距离以防止样线间的干扰效应，同时，为了避免边缘效应，样线距离应依据河流及植被情况保持足够的距离。本项目中，根据河流走向及植被、海拔等情况，原则上样线长度不少于1 000 m，特殊情况下，可适当加大距离以保证采样的准确性。调查网格样线过程中，主要观察与记录调查网格内昆虫物种种类、分布和生境状况，采集昆虫标本，并拍摄生境及物种的照片。操作上，调查者沿样线匀速行走1 000 m，并在固定的宽度2 m内进行扫网。每次扫网，调查者应面对植物在正手位和反手位各扫一次，并注意控制网口的水平，避免网内的昆虫逃逸。针对植物叶片及枝干的昆虫，采用震落法来进行捕获；对于林间飞行昆虫，采用高空网捕法来进行捕获；捕捉到的蝴蝶和蜻蜓装入三角袋保存，待进一步鉴定。捕获的其他昆虫，放入棉层或装有酒精的小瓶内保存。

1.3　物种鉴定

将从兴山县不同区域采集到的昆虫整理制作成标本，主要采用传统方法进行鉴定，昆虫传统鉴定方法主要通过观察昆虫外部形态特征、主要通过体视镜来观察昆虫的翅脉、口器、触角、生殖器、足及其跗节等来进行鉴定，并对比相关昆虫分类专业文献，将采集的标本鉴定至属和种，并将鉴定的昆虫制成生态盒标本。对部分昆虫疑难种，邀请国内外相应昆虫类群的分类专家进行鉴定。生态盒标本保存在华中农业大学昆虫生态课题组。

表 1 湖北省兴山县昆虫多样性调查网格信息表
Table 1 Information of insect diversity survey grids in Xingshan County, Hubei Province

网格编号 Grid no.	地点 Locality	经纬度 Longitude and latitude	海拔(m) Altitude	生境类型 Habitat type
55303360	马家河 Majia River	31.515588°N, 110.805908°E	450	草丛 Underbrush
55403360	平水村 Pingshui Village	31.519686°N, 110.807535°E	509	溪边滩地 Creekside beach
55503360	石垭子 Shiyazi	31.559567°N, 110.994219°E	1 333	林地 Woodland
55603360	板庙村 Banmiao Village	31.520384°N, 111.014043°E	1 307	林地 Woodland
55203350	咸水村 Xianshui Village	31.427254°N, 110.683448°E	488	菜园 Vegetable garden
55303350	龚家河 Gongjia River	31.457065°N, 110.778097°E	354	果园 Orchard
55403350	河子沟 Hezi Ditch	31.45878°N, 110.793488°E	342	溪边滩地 Creekside beach
55503350	幸福村 Xingfu Village	31.427219°N, 110.934974°E	1 604	林地 Woodland
55603350	石柱村 Shizhu Village	31.469233°N, 111.000911°E	1 304	林地 Woodland
55203340	苍坪河 Cangping River	31.361072°N, 110.583882°E	478	茶园 Tea garden
55303340	古夫镇 Gufu Town	31.40875°N, 110.775047°E	356	居民区 Residential area
55403340	火石岭 Huoshi Radge	31.336261°N, 110.870345°E	1 238	林地 Woodland
55503340	仁圣村 Rensheng Village	31.344898°N, 110.888164°E	1 386	林地 Woodland
55603340	安桥河 Anqiao River	31.325772°N, 111.05031°E	990	灌木丛 Bush
55103330	黄柏坪 Huangbo Plain	31.334215°N, 110.490986°E	1 161	林地 Woodland
55203330	滩坪村 Tanping Village	31.267503°N, 110.653396°E	486	草丛 Underbrush
55303330	南阳镇 Nanyang Town	31.31256°N, 110.674715°E	250	溪边滩地 Creekside beach
55403330	界牌垭村 Jiepaiya Village	31.314818°N, 110.812289°E	722	灌木丛 Bush
55503330	黄粮坪 Huangliang Plain	31.257574°N, 110.879625°E	807	灌木丛 Bush
55603330	水月寺 Shuiyue Temple	31.233778°N, 111.014272°E	815	茶园 Tea garden
55103320	高桥村 Gaoqiao Village	31.232889°N, 110.555616°E	755	草丛 Underbrush
55203320	西流水村 Xiliushui Village	31.245819°N, 110.563333°E	845	灌木丛 Bush
55303320	平邑口村 Pingyikou Village	31.182124°N, 110.73837°E	337	果园 Orchard
55403320	秀龙村 Xiulong Village	31.153473°N, 110.764291°E	209	菜园 Vegetable garden
55503320	高岚村 Gaolan Village	31.210131°N, 110.895006°E	398	草丛 Underbrush
55603320	道路坪 Daolu Plain	31.218845°N, 110.989125°E	659	灌木丛 Bush
55403310	峡口镇 Xiakou Town	31.123653°N, 110.785583°E	220	菜园 Vegetable garden
55503310	野猪池 Yezhu Pool	31.134215°N, 110.957808°E	777	灌木丛 Bush

1.4 物种多样性指数分析

样线踏查法采集到的昆虫经过种类鉴定后,将种类和数量数据利用 Excel 2016 计算 Shannon-Wiener 多样性指数(Shannon and Weaver, 1949)、Margalef 丰富度指数(Margalef, 1957)、Pielon 均匀度指数(Hunter and Gaston, 1988)。

2 结果

2.1 昆虫群落组成分析

本研究于 2017 年对湖北省兴山县昆虫发生期、暴发期和越冬期共计进行了 3 次大规模昆虫的采集工作,共鉴定出 16 个目 136 科 612 种昆虫,分别是鳞翅目、鞘翅目、半翅目、直翅目、同翅目、蜚蠊目、蜉蝣目、革翅目、广翅目、襀翅目、脉翅目、膜翅目、蜻蜓目、双翅目、螳螂目、缨翅目。经过对兴山县 28 个网格采集的昆虫种类进行分析,各个目的物种数排前 5 位的分别是鳞翅目 290 种,占 47.39%;鞘翅目 140 种,占 22.88%;半翅目 70 种,占 11.44%;同翅目 30 种,占 4.90%;直翅目 21 种,占 3.43%。对已鉴定出的昆虫进行统计分析(表 2),分析兴山县昆虫群落的组成。由各目的科数,排前 5 位的分别是鳞翅目(26.47%)、鞘翅目(25.00%)、半翅目(13.24%)、直翅目(8.09%)和同翅目(5.15%)。

通过对兴山县全境昆虫种类分析表明,兴山县昆虫多样性十分丰富,其中鳞翅目在科数和物种数上均排首位,鞘翅目的科数和物种数紧随其后。鳞翅目、鞘翅目、半翅目、直翅目和同翅目,无论是科数还是种数,都占有明显优势,说明这些类群在兴山县昆虫群落中占主要地位,是兴山县昆虫群落中的优

势目。另外，龙门河林场海拔跨度大，植被丰富，森林保护措施较好，昆虫多样性也最为丰富。此次调查过程中，点斑巧瓢虫 *Oenopia signatella* 和四斑隐胫瓢虫 *Aspidimerus esakii* 两种天敌是龙门河调查区域新发现的特有种。

表 2　2017 年湖北省兴山县昆虫物种组成

Table 2　Species composition of insects in Xingshan County, Hubei Province in 2017

目 Order	科数 Number of families	科占比 (%) Proportion of families	物种数 Number of species	种占比 (%) Proportion of species
鳞翅目 Lepidoptera	36	26.47	290	47.39
鞘翅目 Coleoptera	34	25.00	140	22.88
半翅目 Hemiptera	18	13.24	70	11.44
直翅目 Orthoptera	11	8.09	21	3.43
同翅目 Homoptera	7	5.15	30	4.90
膜翅目 Hymenoptera	6	4.41	14	2.29
蜻蜓目 Odonata	6	4.41	11	1.80
双翅目 Diptera	5	3.68	15	2.45
蜚蠊目 Blattaria	3	2.21	6	0.98
脉翅目 Neuroptera	2	1.47	2	0.33
螳螂目 Mantodea	2	1.47	4	0.65
广翅目 Megaloptera	2	1.47	3	0.49
襀翅目 Plecoptera	1	0.74	1	0.16
蜉蝣目 Ephemeroptera	1	0.74	2	0.33
革翅目 Dermaptera	1	0.74	2	0.33
缨翅目 Thysanoptera	1	0.74	1	0.16
合计 Total	136		612	

2.2　昆虫发生期昆虫物种多样性分析

表 3 结果表明，兴山县昆虫发生期物种数和个体数最多的地点是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，采集到昆虫物种数和个体数最少的地点是平邑口村（55303320）。兴山县昆虫发生期 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）和 Margalef 丰富度指数（ds）最高的地点是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，Shannon-Wiener 多样性指数（H'）和 Margalef 丰富度指数（ds）最低的地点是平邑口村（55303320）。而兴山县 Pielon 均匀度指数（E）较低的是野猪池（55503310）、石柱村（55603350），其他地点物种 Pielon 均匀度指数较平衡。

Shannon-Wiener 多样性指数 H' 表示的是生物多样性的综合指标，结合生境类型可以看出，林地和灌木丛昆虫多样性最高，草丛和城镇居住地昆虫多样性最低，Margalef 丰富度指数（ds）表现的趋势基本与 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）变化保持一致，而且趋势表现得更加明显；结合 Pielou 均匀度指数（E）可以看出，林地、灌木丛以及茶园都表现出很突出的优势度，说明这些生境优势种突出，种内斗争激烈，群落稳定性较差，抗干扰能力较弱；而城镇居住地如古夫镇（55303340）由于人类干扰层度较大，也使得该地区表现出某些优势种。结合海拔梯度和生境，在海拔 1 000 – 1 600 m 区间，林地的昆虫多样性普遍较高，在 100 – 300 m 的海拔区间内草丛和居民区较多，昆虫多样性较低。综上所述，林地及林地-灌木丛混合地更适合昆虫的栖息，昆虫的多样性普遍较高（表 3）。

2.3　昆虫暴发期昆虫物种多样性分析

表 4 结果表明，兴山县昆虫物种数和个体数最多的地点是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，昆虫 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）和 Margalef 丰富度指数（ds）最高的是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，昆虫 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）最低的是马家河（55403350）和平邑口村（55303320）。昆虫丰富度指数（ds）最低的是峡口镇（55403310）和马家河（55403350）。昆虫 Pielon 均匀度指数（E）最高的是峡口镇（55403310），昆虫均匀度指数最低的是马家河（55403350）和朱家湾（55303320）。结合海拔来看，兴山县 1 000 – 1 600 m 之间的网格区域昆虫多样性较高，而 100 – 300 m 区间的网格区域多样性普遍较低。结合生境来看，灌木丛-林地混合地、林地的多样性较高，其次是路边灌木丛，最后是菜地、果园、草地。海拔结合生境来看，林地主要集中在高海拔地区 1 000 – 1 600 m，多样性都较高，低海拔地区 100 – 600m 的草地昆虫多样性最低（表 4）。

2.4　昆虫越冬期昆虫物种多样性分析

表 5 调查结果表明，昆虫 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）和 Margalef 丰富度指数（ds）最高的地点是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，昆虫 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）最低的是马家河（55403350）和平邑口村（55303320）。昆虫丰富度指数（ds）最低的地点是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，昆虫 Pielon 均匀度指数（E）最高的是高桥村（55103320）和幸福村（55503350）。兴山县昆虫越冬期昆虫种数和个体数均较低，越冬期昆虫种数最多的地点是黄柏坪（龙门河林场）(55103330)，达 13 种，昆虫种数最少的网格是平邑

表 3　2017 年湖北省兴山县昆虫发生期的昆虫物种多样性

Table 3　Diversity of insect species during the occurrence period of insects in Xingshan County, Hubei Province in 2017

网格编号 Grid no.	物种数 Number of species	个体数 Number of individuals	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index *H′*	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index *ds*	Pielon 均匀度指数 Pielon evenness index *E*
55103330	39	106	3.26372	8.14849	0.89086
55303340	23	59	3.02197	5.39541	0.96379
55203330	21	56	2.98514	4.96851	0.98049
55503340	19	35	2.84686	5.06279	0.96686
55203320	18	55	2.78035	4.24222	0.96193
55603360	16	53	2.59378	3.77805	0.93551
55503320	15	47	2.66827	3.63622	0.98531
55603330	14	29	2.56635	3.86066	0.97245
55503360	13	41	2.43056	3.23139	0.94761
55503350	13	29	2.35371	3.56369	0.91765
55603350	11	32	2.16483	2.88540	0.90281
55303330	9	18	2.16815	2.76781	0.98676
55603320	9	26	2.12162	2.45542	0.96559
55403330	9	19	2.13219	2.71698	0.97040
55403340	8	28	2.01066	2.10070	0.96692
55403350	8	19	1.88576	2.37736	0.90686
55203340	7	27	1.81687	1.82047	0.93368
55103320	7	15	1.84139	2.21561	0.94628
55403360	7	17	1.68076	2.11774	0.86374
55303350	7	21	1.73168	1.97075	0.88991
55403310	6	17	1.71154	1.76478	0.95523
55503310	6	15	1.52924	1.84634	0.85348
55603350	6	15	1.52925	1.84635	0.85349
55503330	6	19	1.70865	1.69811	0.95361
55403320	5	13	1.59109	1.55948	0.98860
55303320	4	10	1.36615	1.30288	0.98547

表 4　2017 年湖北省兴山县昆虫暴发期的昆虫物种多样性

Table 4　Diversity of insect species during the outbreak period of insects in Xingshan County, Hubei Province in 2017

网格编号 Grid no.	物种数 Number of species	个体数 Number of individuals	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index *H′*	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index *ds*	Pielon 均匀度指数 Pielon evenness index *E*
55103330	30	89	3.15861	6.46075	0.92867
55503320	19	35	2.78061	5.06279	0.94436
55503310	18	33	2.72713	4.86199	0.94352
55603360	17	35	2.70140	4.50026	0.95348
55203330	16	27	2.64094	4.55119	0.95252
55603330	15	27	2.57022	4.24778	0.94910
55603350	15	34	2.51958	3.97009	0.93040
55503360	15	30	2.60951	4.11619	0.96361
55303330	14	33	2.41457	3.71799	0.91493
55503350	14	32	2.35844	3.75101	0.89367
55403360	14	19	2.55209	4.41510	0.96704
55603320	12	20	2.41505	3.67189	0.97188

续表 4 Table 4 continued

网格编号 Grid no.	物种数 Number of species	个体数 Number of individuals	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index *H′*	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index *ds*	Pielon 均匀度指数 Pielon evenness index *E*
55203340	12	17	2.34393	3.88251	0.94326
55203320	11	23	2.23517	3.18928	0.93214
55303340	10	21	2.20252	2.95612	0.95654
55403330	9	19	2.02804	2.71698	0.92300
55303350	9	19	1.95872	2.71698	0.89145
55403320	8	15	1.93380	2.58488	0.92996
55103320	8	16	1.92739	2.52471	0.92687
55603340	8	15	1.85942	2.58488	0.89419
55503340	8	17	1.92133	2.47069	0.92396
55403340	7	13	1.81848	2.33922	0.93451
55203350	7	13	1.77823	2.33922	0.91383
55403310	5	12	1.58902	1.60971	0.98731
55303320	5	9	1.42706	1.82047	0.88668
55503330	5	9	1.52295	1.82047	0.94626
55403350	5	11	1.38968	1.66813	0.86346

表 5　2017 年湖北省兴山县昆虫越冬期的昆虫物种数和个体数

Table 5　Number of insect species and individuals during the overwintering period of insects in Xingshan County, Hubei Province in 2017

网格编号 Grid no.	昆虫种数 Number of insect species	昆虫个体数 Number of insect individuals	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index *H′*	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index *ds*	Pielon 均匀度指数 Pielon evenness index *E*
55103330	13	25	1.93615	0.13412	0.75485
55303340	6	11	1.72019	0.23979	0.96006
55503320	5	13	1.59110	0.21375	0.98860
55603350	5	12	1.47350	0.22590	0.91554
55603330	5	11	1.46814	0.23979	0.91221
55403340	5	8	1.55958	0.29706	0.96902
55203340	5	6	1.56071	0.35835	0.96972
55503360	5	7	1.54983	0.32432	0.96296
55403320	4	9	1.00272	0.27465	0.72331
55403330	4	7	1.35178	0.32432	0.97511
55603360	4	7	1.35178	0.32432	0.97511
55203330	4	7	1.35178	0.32432	0.97511
55503340	3	6	1.01140	0.35835	0.92062
55503350	3	3	1.09861	0.54931	1.00000
55303330	3	5	1.05492	0.40236	0.96023
55203320	3	6	1.01140	0.35835	0.92062
55103320	3	6	1.09861	0.35835	1.00000
55603320	3	4	1.03972	0.46210	0.94639
55403310	2	11	0.00000	0.23979	0.00000
55303320	1	4	0.00000	0.46210	0.00000

口村(55303320),仅1种。兴山县昆虫越冬期昆虫个体数最多的地点是黄柏坪(龙门河林场)(55103330),达25头,昆虫个体数最少的网格是平邑口村(55303320),仅4头。其原因主要为调查期间,平邑口村因为海拔较高,调查生境覆盖薄雪,导致昆虫种类和个体数极少(表5)。

3 讨论

3.1 兴山县昆虫群落结构特征

昆虫群落的组成与结构是研究昆虫群落特征的重要指标之一,它反映了昆虫群落在不同时空尺度的变化,是植物与昆虫长期互作的结果(王鑫等,2013;杨贵军和王新谱,2013;蒋华等,2019)。同时,昆虫群落结构及其环境因子也是昆虫多样性保护和评估的重要组成部分。Tchakonté 等(2015)利用生物特征和指示生物分类对城市化下喀麦隆沿海地区水生昆虫群落的影响进行了环境污染评估。胡忠军等(2009)研究了上海崇明明珠湖摇蚊幼虫群落结构特征,聚类分析表明,优势种具有明显的季节性,春夏季优势种为微小摇蚊 *Mircochironomus* sp.,秋季为中国长足摇蚊 *Tanypus chinensis*,冬季为红裸须摇蚊 *Propsilocerus akamusi*。摇蚊群落物种多样性与均匀度(J)和物种丰富度(S)均显著相关,但主要受均匀度的影响。多样化的植被中昆虫群落多样性也相应增加,如地形对贺兰山步甲群落物种多样性分布格局的影响(杨益春等,2017)。仲雨霞和付必谦(2013)发现,Shannon-Wiener 多样性指数在植被比较复杂的浅水带样地和紧邻水库的样地较高,而在较干燥的草地和植被稀疏的河边卵石滩样地较低,寄生性功能群的丰富度与植食性功能群及中性功能群显著正相关。李玉杰等(2018)对北京市建城区五环内5种主要功能绿地的昆虫资源进行了抽样调查、标本采集与鉴定,发现采集到的昆虫隶属于14目105科,其中半翅目最多,占总数的41.17%,鞘翅目次之,占总数的22.16%;不同绿地的昆虫优势度指数亦存在显著性差异,其中,居住区绿地的最低,公共设施绿地的最高,因此,不同功能绿地的植物组成、人类干扰和管理方式影响着绿地昆虫资源。本研究利用样线踏查法,对兴山县昆虫发生期、暴发期和越冬期共计进行了调查和鉴定。根据已经鉴定的昆虫标本,共鉴定出16个目136科612种昆虫,排前5位的分别是鳞翅目、鞘翅目、半翅目、直翅目和同翅目(表2)。通过对兴山县全境昆虫种类分析表明,兴山县昆虫多样性十分丰富,其中鳞翅目在科数和物种数上均排首位,鞘翅目的科数和物种数紧随其后,说明这些类群在兴山县昆虫群落中占主要地位,是兴山县昆虫群落中的优势目。

3.2 兴山县不同生境和海拔昆虫多样性分析

通过对兴山县全境28个不同生境和海拔网格调查结果表明(表3和4):(1)海拔100-300 m这个范围内主要的网格其生境主要由草地、路边灌木丛、溪边滩地、菜地果园组成,生境单一,且海拔低处人类活动大且频繁,所以受人类活动影响也较大,因此整体的昆虫多样性指数较低,丰富度也较低;(2)海拔300-600 m网格生境主要由溪边滩地、路边灌木丛、灌木丛-林地混合地、菜地果园组成,生境较低海拔地区丰富,但人类活动依然频繁,特别是兴山县高岚村附近采矿较多,对生态环境影响较大,平水村、马家河沿路也是运输矿石的车辆很多,对路边灌木丛影响很大,所以这些网格的昆虫多样性指数仍然较低;(3)海拔700-1 000 m这个范围内主要的网格生境主要为灌木丛、灌木丛-林地混合地等,植被较丰富,且村民居住较分散,人为活动影响较小,所以昆虫多样性指数也较高;(4)海拔1 000-1 600 m生境主要是林地、灌木丛-林地混合地等,植被非常丰富,尤其是龙门河林场,其地处于神农架保护区,生态环境保护较好,所以昆虫多样性指数最高,昆虫丰富度也最高。总体而言,海拔1 000-1 600 m这个区间的网格昆虫多样性指数均较高。经数据分析后,我们发现龙门河林场的昆虫物种多样性指数最高,种类丰富,低海拔地区受人类活动影响较大,整体昆虫多样性指数最低。

3.3 兴山县昆虫生物多样性受威胁因素评估

兴山县昆虫多样性威胁因素主要包括:(1)栖息地破坏:如网格55403310(峡口镇)、55403320(秀龙村)、55303320(平邑口村)等,在调查过程中,我们发现当地矿石开采,尤其是磷矿的开采和运输严重威胁到昆虫的生长和繁殖,很多山地由于开采过度破坏了昆虫原有的栖息地,从而严重威胁到当地的昆虫多样性(表3和4);(2)滥用杀虫剂:如在网格55303340(古夫镇)、55303330(南阳镇)、55503330(黄粮坪),当地果农和菜农不合理使用农药,导致采集的昆虫种类较少,而55103330(黄柏坪)、55203320(西流水村)主要为林地和农田,当地农户使用农药较少,尤其是龙门河林场,基本未使用化学农药,加之海拔较高,该网格昆虫多样性指数明显高于使用化学农药的网格(表3和4);(3)气候变

化导致昆虫多样性降低，调查期间遇到雨天或者雾天，植被叶面非常潮湿，同时，连续的阴雨天气极容易导致滑坡、泥石流等地质灾害，对当地的植被造成严重的破坏，从而使昆虫生物多样性降低（表5）。

3.4　兴山县昆虫多样性保护建议

经过对兴山县全境28个网格的昆虫多样性调查结果，我们对当地的昆虫多样性保护措施建议如下：（1）加大已有自然保护区的建设：黄柏坪（55103330）处于兴山县神农架保护区内，有国家级的工作站和相关工作人员，该网格昆虫物种多样性指数最高，种类丰富，有较为完备的昆虫多样性保护措施，建议列为重点保护和研究对象，需多方位进行监测观察和保护；（2）加强政府监管力度：高岚村（55503320）、峡口镇（55403310）、秀龙村（55403320）等地，附近矿产开采较频繁，尤其是磷矿的开采和运输严重威胁到昆虫的生长和繁殖，很多山地由于开采过度破坏了昆虫原有的栖息地，从而严重威胁到当地的昆虫多样性，建议宜昌市等上级部门加大监管力度和措施，减少矿石开采，恢复昆虫原有的栖息地；（3）加大蔬菜种植总体规划：幸福村（55503350）和仁圣村（55503340）海拔较高属高山平原，多种植蔬菜和烟草，农户种植无整体规划，导致网格内对自然环境改造较大，严重影响和阻碍了昆虫原有的栖息地和物种之间的交流，建议上级主管部门加大蔬菜种植总体规划；（4）加强当地果农菜农的环保意识：通过调查发现，古夫镇（55303340）、南阳镇（55303330）等地的果农和菜农，对昆虫的多样性保护意识较差，当地果农和菜农不合理使用农药，导致采集的昆虫种类较少，建议当地的植保工作者加大宣传力度，提高当地所处网格的昆虫多样性；（5）多部门的协调保护和利用天敌：本次调查中，发现点斑巧瓢虫 *O. signatella* 和四斑隐胫瓢虫 *A. esakii* 两种天敌是龙门河林场调查区域新发现的特有种，这主要是因为龙门河林场海拔较高跨度较大，植被丰富，森林保护措施较好，当地农户基本未使用化学农药，因此，昆虫天敌在龙门河林场最为丰富，建议加强多部门的昆虫多样性的协调和合作，对龙门河林场区域内昆虫天敌进行普查，由当地的环保部门和农业部门牵头，联合高校和科研院所，设立科研基地、研究基地，保护和利用龙门河林场的昆虫天敌资源。

3.5　结论

湖北省兴山县低海拔网格主要为草地、草丛、菜园和果园，生境组成单一，昆虫多样性指数和丰富度较低；高海拔网格在1 000 – 1 600 m 区间生境主要为林地、灌木丛，植被非常丰富，昆虫多样性指数和丰富度较高。高海拔的网格昆虫多样性指数均较高。Shannon-Wiener 多样性指数（H'）和 Margalef 丰富度指数（ds）最高的地点均为黄柏坪（龙门河林场）。低海拔地区的峡口镇、平邑口、钟家岭等网格，受人类活动影响较大，整体昆虫多样性指数最低。兴山县昆虫多样性威胁因子主要包括栖息地的破坏、气候变化和滥用杀虫剂。基于兴山县昆虫多样性调查研究，建议将龙门河林场列为重点保护和研究对象，后期兴山县昆虫多样性保护须加大已有自然保护区的建设，加强政府监管力度，提高蔬菜种植总体规划和农户的环保意识，并加强多部门的昆虫多样性保护协调和合作。

致谢　本研究昆虫标本鉴定得到华中农业大学植物科学技术学院邓望喜教授、荣秀兰教授、张国安教授、杨长举教授和薛东教授的帮助，在此致谢。

参考文献（References）

Chen YQ, Li Q, Chen YL, Lu ZX, Zhou XY, 2011. Ant diversity and bio-indicators in land management of lac insect agroecosystem in Southwestern China. *Biodiv. Conserv.*, 20(13): 3017 – 3038.

Gu JQ, Chen DH, Xu KY, Chen YW, Wu JW, Zhou J, Xu ZH, 2015. Insect species diversity, function diversity, and their mutual relationship in a pecan stand. *J. Zhejiang Agric. For. Univ.*, 32(1): 116 – 122. ［顾建强，陈东辉，徐奎源，陈友吾，吴佳伟，周靖，徐志宏，2015. 薄壳山核桃林地昆虫物种多样性、功能多样性及其相互关系分析. 浙江农林大学学报，32(1): 116 – 122］

Gu JQ, Xu ZH, Jia KF, Liu MY, Tong CJ, 2012. Analysis of insect diversity in Wuxijiang National Wetland Park. *Anhui Agric. Sci.*, 40(33): 16229 – 16231. ［顾建强，徐志宏，贾克锋，刘明杨，童翠姣，2012. 乌溪江国家湿地公园昆虫多样性分析. 安徽农业科学，40(33): 16229 – 16231］

Gu KX, Wen XY, Fan JX, Lai JY, Zhao LJ, 2018. Diversity of insects in flowering habitat of red *Syzygium chinensis* population in Wutou Island, Guangxi. *Guangxi For. Sci.*, 47(1): 94 – 97. ［顾克潇，温晓毅，范建新，赖家业，招礼军，2018. 广西巫头岛红鳞蒲桃种群花期生境昆虫的多样性. 广西林业科学，47(1): 94 – 97］

Gu W, Ma L, Zhang ZL, Sun H, Sun MO, Li L, 2016. Moth community structure and seasonal dynamics of primitive broad-leaved Korean pine forest in Liangshui Nature Reserve. *J. Northeast For. Univ.*, 44(5): 73 – 77. ［顾伟，马玲，张子龙，孙虎，孙美欧，李琳，2016. 凉水自然保护区原始阔叶红松林蛾类群落结构及季节动态. 东北林业大学学报，44(5): 73 – 77］

Guo ZW, Gan YL, 2002. Regional ecosystem conservation strategy based on function and spatial pattern. *Biodiv. Sci.*, 10(4): 399 – 408. ［郭中伟，甘雅玲，2002. 基于功能与空间格局的区域生态系统

保育策略. 生物多样性, 10(4): 399 - 408]

Guo ZW, Li DM, Yu D, 1998. Evaluation of the value of water regulated by the ecosystem - A case of Xingshan. *J. Nat. Resour.*, 13(3): 242 - 247. [郭中伟, 李典谟, 于丹, 1998. 生态系统调节水量的价值评估——兴山实例. 自然资源学报, 13(3): 242 - 247]

He QJ, Yi CH, Ren YH, Wang T, Zhang ZW, 2007. A list of garden plant insects in the urban districts of Kuming City. *J. Sichuan For. Sci. Technol.*, 28(4): 108 - 112. [和秋菊, 易传辉, 任毅华, 王涛, 张正旺, 2007. 昆明市区园林植物昆虫调查名录. 四川林业科技, 28(4): 108 - 112]

He XX, Zhang L, Jiang YY, Wei M, 2013. Analysis of characteristics of agricultural climate resource changes in Xingshan County in the past 50 years. *J. Guizhou Meteorol.*, 37(4): 30 - 34. [何晓旭, 张丽, 姜玉印, 魏鸣, 2013. 近50a兴山县农业气候资源变化特征分析. 贵州气象, 37(4): 30 - 34]

He YC, Yang GJ, Wang XP, 2018. Diversity and stability of terrestrial insect communities in different wetlands in Yinchuan. *Acta Entomol. Sin.*, 61(12): 1439 - 1452. [何云川, 杨贵军, 王新谱, 2018. 银川不同湿地陆生昆虫群落多样性与稳定性. 昆虫学报, 61(12): 1439 - 1452]

Hu ZJ, Liu QG, Chen LJ, Peng ZR, 2009. Structural characteristics of chironomid community and their indicative significance in bioassessment of water quality in Mingzhu Lake of Chongming Island, Shanghai. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 20(4): 929 - 936. [胡忠军, 刘其根, 陈立婧, 彭自然, 2009. 上海崇明明珠湖摇蚊幼虫群落结构特征及其对水质的指示作用. 应用生态学报, 20(4): 929 - 936]

Hunter PR, Gaston MA, 1988. Numerical index of the discriminatory ability of typing systems: an application of Simpson's index of diversity. *J. Clin. Microbiol.*, 26(11): 2465 - 2466.

Jiang H, Li Q, Yang JX, Zheng MX, Huang JJ, 2019. Diversity of Lepidoptera insects in Qinghuahai National Wetland Park in Baoshan City. *For. Invent. Plan.*, 44(6): 40 - 44. [蒋华, 李巧, 杨建秀, 郑美仙, 黄俊娇, 2019. 保山市青华海国家湿地公园鳞翅目昆虫多样性研究. 林业调查规划, 44(6): 40 - 44]

Li DS, Zhang YH, Zhang HJ, He FX, 1998. Occurrence regularity and control strategy of rice straw flies in Xingshan County. *Hubei Plant Prot.*, (5): 15 - 16. [李大森, 张玉华, 张洪建, 贺反修, 1998. 兴山县水稻稻杆蝇的发生规律及防治对策. 湖北植保, (5): 15 - 16]

Li JJ, Wang YK, 2005. Regularity of horizontal distribution and fauna of forest insects in Qilian mountain nature reserve. *J. Northeast For. Univ.*, 33(6): 96 - 99. [李进军, 汪有奎, 2005. 祁连山自然保护区森林昆虫区系及水平分布规律. 东北林业大学学报, 33(6): 96 - 99]

Li YJ, Zhang JD, Bai WK, Ouyang ZY, 2018. Insect community composition and biodiversity characteristics of different functional green spaces in Beijing. *Ecol. Environ. Sci.*, 27(6): 1044 - 1051. [李玉杰, 张晋东, 白文科, 欧阳志云, 2018. 北京不同功能绿地昆虫群落组成和生物多样性特征. 生态环境学报, 27(6): 1044 - 1051]

Liu A, Zhang SS, Yang ZX, 2018. Investigation on the diversity of insects on the campus of Hunan Agricultural University. *Guizhou Agric. Sci.*, 46(7): 53 - 58. [柳傲, 张诗晟, 杨中侠, 2018. 湖南农业大学校园昆虫的多样性调查. 贵州农业科学, 46(7): 53 - 58]

Liu Y, Shen ZH, 2011. The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort. *Acta Ecol. Sin.*, 31(19): 5663 - 5675. [刘晔, 沈泽昊, 2011. 长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响. 生态学报, 31(19): 5663 - 5675]

Ma L, Wen RR, Jiao Y, Liu XY, Zhang J, Liu ZQ, Gu W, Man ZY, Zhang M, Zhang MY, 2016. Insect diversity in different forest types in Xiaoxing'anling Mountains. *Sci. Silv. Sin.*, 52(2): 82 - 90. [马玲, 问荣荣, 焦玥, 刘雪英, 张静, 刘哲强, 顾伟, 满子源, 张曼, 张曼胤, 2016. 小兴安岭不同林型的昆虫多样性. 林业科学, 52(2): 82 - 90]

Margalef DR, 1957. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3: 36 - 71.

Pielou EC, 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Am. Nat.*, 100(914): 963 - 465.

Shannon C, Weaver W, 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Chicago, IL.

Tchakonté S, Ajeagah GA, Camara AI, Diomande D, Tchatcho NLN, Ngassam P, 2015. Impact of urbanization on aquatic insect assemblages in the coastal zone of Cameroon: the use of biotraits and indicator taxa to assess environmental pollution. *Hydrobiologia*, 155(1): 123 - 144.

Wang CQ, Li ZJ, Li SD, Zhou XC, Wang DJ, Wen LX, Chen CF, Shi LC, 2005. List of valve fly species in Xingshan County, Three Gorges Reservoir. *Chin. J. Vector Biol. Control*, 16(6): 59 - 61. [王成全, 李枝金, 李盛都, 周相朝, 王大军, 温立新, 陈传富, 史良才, 2005. 三峡库区兴山县有瓣蝇种名录. 中国媒介生物学及控制杂志, 16(6): 59 - 61]

Wang SJ, 2002. Study on Systematics and Biodiversity of Lepidoptera Insects in the Three Gorges. MSc Thesis, Nanjing University, Nanjing. [王松杰, 2002. 三峡地区弹尾目昆虫系统学及生物多样性研究. 南京: 南京大学硕士学位论文]

Wang X, Chen LS, Xu YC, Zhang J, Li N, Li GY, Lv ZZ, Wang PL, 2013. Diversity of moth insects in farmland in central Aksu in summer. *Xinjiang Agric. Sci.*, 50(4): 648 - 654. [王鑫, 陈刘生, 徐养诚, 张娟, 李娜, 李广云, 吕昭智, 王佩玲, 2013. 阿克苏地区中部夏季农田蛾类昆虫多样性研究. 新疆农业科学, 50(4): 648 - 654]

Xiao HY, Yue JS, 2016. Preliminary study of insects biodiversity on the drawdown zone litter-layer at Pengxi River in Three Gorges Reservoir. *Ecol. Environ. Monitor. Three Gorges*, 1(2): 58 - 64. [肖红艳, 岳俊生, 2016. 三峡库区澎溪河消落带地表昆虫多样性初步研究. 三峡生态环境监测, 1(2): 58 - 64]

Yan W, Zhang YQ, Li L, 2019. Study on the community structure and diversity of light-inducing insects in the Chenshan Botanical Garden in Shanghai. *Acta Agric. Shanghai*, 35(3): 71 - 79. [严巍, 章一巧, 李丽, 2019. 上海辰山植物园灯诱昆虫群落结构及多样

性研究. 上海农业学报, 35(3): 71 –79]

Yang GJ, Wang XP, 2013. Nutritional structure and stability of insect community in Luhuatai wetland of Yinchuan, Ningxia of Northwest China. *China J. Ecol.*, 32(12): 3268 –3275. [杨贵军, 王新谱, 2013. 银川芦花台湿地昆虫群落营养结构及稳定性. 生态学杂志, 32(12): 3268 –3275]

Yang YC, Yang GJ, Wang J, 2017. Effects of topographic factors on the distribution pattern of carabid species diversity in the Helan Mountains, northwestern China. *Acta Entomol. Sin.*, 60(9): 1060 –1073. [杨益春, 杨贵军, 王杰, 2017. 地形对贺兰山步甲群落物种多样性分布格局的影响. 昆虫学报, 60(9): 1060 –1073]

Zhong YX, Fu BQ, 2013. Diversity and spatial distribution pattern of insect communities in the Baihe Wetland in Beijing in summer. *J. Capital Norm. Univ.*, 34(5): 18 –26. [仲雨霞, 付必谦, 2013. 北京白河湿地夏季昆虫群落的多样性及空间分布格局. 首都师范大学学报, 34(5): 18 –26]

Zhou XC, Wang CQ, Li ZJ, Wang DJ, Shi LC, Chen CF, 2005. List of mosquito species in Xingshan County, Three Gorges Reservoir. *Chin. J. Vector Biol. Control*, 16(6): 455. [周相朝, 王成全, 李枝金, 王大军, 史良才, 陈传富, 2005. 三峡库区兴山县蚊种名录. 中国媒介生物学及控制杂志, 16(6): 455]

（责任编辑：赵利辉）